

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Patentschrift  
⑯ DE 41 41 446 C1

⑯ Int. Cl. 8:  
G 01 B 11/06  
G 01 S 13/88  
G 01 S 17/88  
G 01 N 21/55  
// G08B 19/02, G01S  
13/95

(4)

⑯ Aktenzeichen: P 41 41 446.2-52  
⑯ Anmeldetag: 16. 12. 91  
⑯ Offenlegungstag: —  
⑯ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 25. 2. 93

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

ANT Nachrichtentechnik GmbH, 7150 Backnang, DE

⑯ Erfinder:

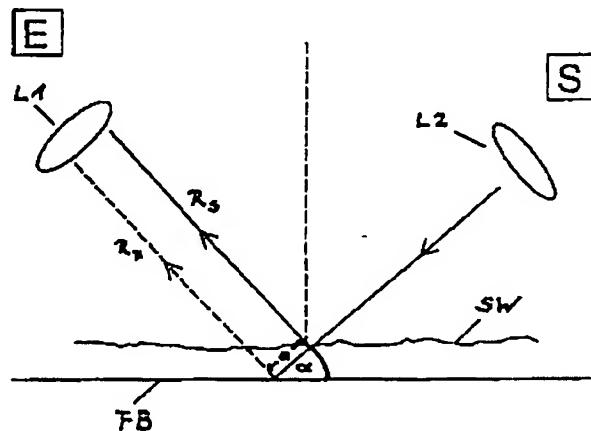
Bühner, Martin, Dipl.-Ing. (FH), 7180 Gaiborf, DE;  
Wolf, Willi, Dipl.-Phys., 7150 Backnang, DE; Bohnert,  
Werner, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE; Kern,  
Wolfgang, Dipl.-Ing., 7127 Pleidelsheim, DE;  
Schäfer, Henning, 7142 Marbach, DE; Barth, Dieter,  
7155 Oppenweiler, DE; Feilhauer, Helmut, Dipl.-Ing.,  
7068 Urbach, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 37 38 221 A1  
DE 34 11 540 A1  
WO 85 02 288

⑯ Verfahren zur Messung der Dicke einer Schicht aus Wasser, Schnee oder Eis

⑯ Es ist bekannt, die Dicke einer Wasserschicht auf einer Bodenverkehrsfläche mittels Mikrowellen zu messen. Dabei wird die Strahlung unter einem schrägen Einfallwinkel auf die Fläche gerichtet und der reflektierte Anteil mit vorgegebener Polarisierung wird ausgewertet. Erfindungsgemäß wird die Schichtdicke über eine Laufzeitmessung bestimmt. Das von einem Sender (S) auf die Fläche gestrahlte Signal ist impulsförmig. Im Empfänger (E) wird beispielsweise das reflektierte Signal zeitlich aufgelöst und der Laufzeitunterschied zwischen der an der Oberfläche der Schicht und der an der Fläche selbst reflektierten Strahlung bestimmt. Aus dem Laufzeitunterschied wird die Schichtdicke bestimmt.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung der Dicke einer Schicht aus Wasser, Schnee oder Eis auf einer Fläche, insbesondere auf einer Bodenverkehrsfläche, bei dem elektromagnetische Strahlung von oben unter einem schrägen Einfallswinkel auf die Fläche gerichtet wird und die reflektierte Strahlung gemessen und ausgewertet wird.

Aus der gattungsbildenden WO 85/022 66 ist es bekannt, die Dicke einer Wasserschicht auf einer Bodenverkehrsfläche mittels Mikrowellen zu messen. Dabei wird die Strahlung unter einem schrägen Einfallswinkel auf die Bodenverkehrsfläche gerichtet und nur der reflektierte Anteil mit vorgegebener Polarisationsrichtung wird zur Messung ausgewertet.

Eine Straßenzustandsermittlungseinrichtung ist auch aus der DE 30 23 444 A1 bekannt. Dort wird eine Straßenoberfläche mit dem Infrarotbereich des Spektrums enthaltendem Licht bestrahlt und aus dem reflektierten Licht das Reflexionsvermögen bestimmt und aus diesem auf den Straßenzustand geschlossen. So kann man zwischen Schnee, Glatteis, Trockenheit oder Nässe unterscheiden. Eine Aussage über die Höhe des Schnees oder die Dicke einer auf der Straße befindlichen Wasserschicht ist nicht möglich.

Aus der DE 34 11 540 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung des Fördergutmengenstromes von Bandförderern bekannt, wobei die Kontur der freien Oberfläche des Schüttgutes quer zur Förderrichtung fortlaufend durch berührungslose Entfernungsmessung bestimmt wird. Zur Entfernungsmessung werden Laser-Entfernungsmessvorrichtungen, insbesondere solche, die nach dem Impuls-Laufzeitmeßprinzip arbeiten, verwendet.

Ein Verfahren zur Messung des Tausalzgehalts von auf Verkehrsflächen befindlichen Wasserschichten mittels einer hochfrequenten Strahlung mit einer Frequenz im Bereich zwischen 100 und 10 000 MHz ist aus DE 38 29 008 A1 bekannt. Es werden die Phasenverschiebung und die Intensität der reflektierten Strahlung untersucht.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Schichtdicke von Eis, Schnee oder Wasser auf einer Fläche, beispielsweise auf Straßenverkehrsflächen, bestimmt werden kann.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens sind den Unteransprüchen 2 bis 7 zu entnehmen.

Die Erfindung beruht auf dem Prinzip, eine Schichtdicke durch Laufzeitmessung zu bestimmen. Grundsätzlich gibt es dazu zwei Möglichkeiten:

1. Verfahren: Es wird ein Impuls einer elektromagnetischen Strahlung auf eine Fläche mit der Schicht darauf gestrahlt. Die reflektierte Strahlung wird empfangen und das empfangene Signal zeitlich aufgelöst und ausgewertet. Es wird der Laufzeitunterschied zwischen der an der Oberfläche der Schicht und der an der Fläche reflektierten Strahlung bestimmt. Aus diesem Laufzeitunterschied kann die Schichtdicke ermittelt werden.

2. Verfahren: Es wird ein Impuls einer elektromagnetischen Strahlung auf eine Fläche gestrahlt. Die reflektierte Strahlung wird empfangen und das empfangene Signal zeitlich aufgelöst und ausgewertet. Es wird die Laufzeit des Impulses vom Sender, reflektiert an der Fläche zum Empfänger, mit der Laufzeit des Impulses vom Sender, reflektiert an der Oberfläche der Schicht

zum Empfänger, verglichen und die Schichtdicke über den Laufzeitunterschied bestimmt. Es ist dabei sinnvoll, die Laufzeit ohne Schicht abzuspeichern.

Das zweite Verfahren weist den Vorteil auf, daß es unabhängig vom Brechungsindex des Materials, aus dem die Schicht besteht, ist. Die Laufzeit des Impulses ohne Schicht muß nur einmal gemessen werden und kann dann in einem Speicher zum Vergleich abgelegt werden. Im Gegensatz dazu ist für das erste Verfahren kein Vergleichswert notwendig. In diesem Verfahren kann mit einer Messung der Laufzeitunterschied zwischen der an der Oberfläche der Schicht und der an der Fläche reflektierten Strahlung bestimmt werden. Da hierbei aber die Laufzeit im Schichtmaterial gemessen wird, ist es notwendig, den Brechungsindex der Schicht zu kennen. Nur dann man genaue Aussagen über die Schichtdicke treffen. Es ist also sinnvoll, in einem Speicher beispielsweise eine Tabelle von Brechungsindizes abzulegen. Der Brechungsindex hängt von der Temperatur, von der Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung und von der Salzkonzentration im Wasser der Schicht ab. Die Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung, mit der man die zu überwachende Fläche bestrahlt, ist bekannt. Die Temperatur kann gemessen werden und in die Bestimmung des richtigen Brechungsindex eingehen. Auch eine Bestimmung der Salzkonzentration des Wassers kann vorgenommen werden. Es ist aber auch sinnvoll, die Bestimmung der Salzkonzentration nicht vorzunehmen, sondern die Fläche mit der Schicht darauf zweimal mit elektromagnetischer Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge zu bestrahlen und aus den Laufzeitunterschieden die Konzentration von Salz im Wasser zu bestimmen.

Die Bestimmung der Schichtdicke beruht auf folgendem Zusammenhang

$$s = t_{w1} \frac{c}{n_1(\lambda_1, T, \text{Konz.})} \cdot \sin \alpha$$

$$s = t_{w2} \frac{c}{n_2(\lambda_2, T, \text{Konz.})} \cdot \sin \alpha$$

dabei bedeutet  $s$  die Schichtdicke,  $t_{w1}$  bzw.  $t_{w2}$  sind der Laufzeitunterschied,  $c$  ist die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum,  $n_1$  und  $n_2$  sind die Brechungsindizes bei unterschiedlichen Lichtwellenlängen, nämlich  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$ , aber bei gleicher Temperatur  $T$  und gleicher Konzentration von Salzen im Wasser der Schicht, und  $\alpha$  ist der Einfallswinkel zwischen der zu beobachtenden Fläche und der einfallenden Strahlung. Wenn man die beiden Messungen mit den unterschiedlichen Wellenlängen kurz hintereinander ausführt, so ist davon auszugehen, daß die Temperatur und die Konzentration bei beiden Messungen gleich sind. Auch die Schichtdicke ist dann als konstant anzusetzen. Ein weiterer Vorteil des ersten Verfahrens ist, daß die Zeit zwischen dem Zeitpunkt des Absendens des Eingangsimpulses und dem Zeitpunkt des Empfangens des reflektierten Impulses nicht gemessen werden muß. Dieser Zusammenhang ist für das zweite Verfahren notwendig. Die Bestimmung der Schichtdicke erfolgt dabei nach der folgenden Formel

$$s = 1/2(t_1 - t_2)c_{\text{Luft}} \cdot \sin \alpha$$

dabei ist  $s$  die Schichtdicke,  $t_1$  ist die Laufzeit mit Schicht und  $t_2$  die Laufzeit bei trockenen Verhältnissen,  $c_{\text{Luft}}$  ist

die Lichtgeschwindigkeit in Luft und  $\alpha$  ist der Einfallswinkel der Strahlung.

Bei Schneegestöber oder starkem Regen ist das erste Verfahren dem zweiten sicherlich vorzuziehen, da die Lichtgeschwindigkeit in Luft in dem Fall nicht mit genügender Genauigkeit bekannt ist.

Das Verfahren nach dem Patentanspruch 1 wird anhand der Figuren erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung zum Verfahrensablauf und

Fig. 2 ein Impulsdigramm.

Fig. 1 zeigt eine Fahrbahn FB, auf der die Schichtdicke  $s$  beispielsweise einer Schicht aus Wasser SW oder einer Schicht aus Schnee oder Eis gemessen werden soll. Ein Sender S in Verbindung mit einer Linse L2 ist derart installiert, daß die vom Sender S ausgesandte Strahlung die Fahrbahn FB unter einem Winkel  $\alpha$  trifft. Der Sender S ist beispielsweise ein Lasersender, der Licht der Wellenlänge 1300 nm und 1550 nm aussenden kann.

Wenn vom Sender ein Infrarotlichtimpuls ausgesendet wird, so trifft dieser zunächst auf die Wasserschicht SW und wird an deren Oberfläche reflektiert. Die an der Oberfläche reflektierte Strahlung  $R_s$  trifft auf einen Empfänger E. Ein Teil der gesendeten Strahlung durchdringt die Wasserschicht SW und wird im Bereich zwischen der Oberfläche und der Fahrbahn reflektiert. Die restliche Strahlung wird an der Fahrbahnoberfläche reflektiert und ergibt den reflektierten Strahl  $R_f$  oder wird von der Fahrbahnoberfläche absorbiert. Der Empfänger ist derart angeordnet, daß seine empfindliche Oberfläche senkrecht auf den reflektierten Strahlen  $R_s$  und  $R_f$  steht. Er weist beispielsweise eine Linse L1 auf. Die Strahlen  $R_s$  und  $R_f$  haben dadurch einen Laufzeitunterschied, der dem in der Zeichnung markierten Wegstück  $a$  entspricht. Aus dem Laufzeitunterschied kann also zunächst das Wegstück  $a$  und daraus die Schichtdicke  $s$  mit Hilfe des Einfallswinkels  $\alpha$  bestimmt werden.

Fig. 2 zeigt ein Pulsdigramm, wobei die gesendeten und empfangenen Impulse zeitlich dargestellt sind. Der Abstand zwischen dem Eingangsimpuls  $E_1$  und dem reflektierten Impuls ist dabei nicht maßstäblich dargestellt. Er müßte wesentlich größer sein. Der reflektierte Impuls setzt sich aus einem von der Wasseroberfläche reflektierten Impuls  $I_s$  von dem Streulicht innerhalb der Wasserschicht  $SS$  und dem reflektierten Impuls von der Oberfläche der Fahrbahn  $I_f$  zusammen. Der Abstand zwischen dem Impuls  $I_s$  und dem reflektierten Impuls  $I_f$  gibt die Laufzeit  $t_w$  für die Strecke  $a$  an.

#### Patentansprüche

50

1. Verfahren zur Messung der Dicke einer Schicht aus Wasser, Schnee oder Eis auf einer Fläche, insbesondere auf einer Bodenverkehrsfläche, bei dem elektromagnetische Strahlung von oben unter einem schrägen Einfallswinkel auf die Fläche gerichtet wird und die reflektierte Strahlung gemessen und ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetische Strahlung impulsförmig ausgesendet wird, daß in der reflektierten Strahlung ein Laufzeitunterschied zwischen dem Signal, das von einer Reflexion der Strahlung an der Oberfläche der Schicht herrührt, und dem Signal, das von einer Reflexion der Strahlung direkt an der Fläche herrührt, bestimmt wird und daraus die Schichtdicke ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierte Strahlung zeitlich auf-

gelöst empfangen wird und aus dem zeitlichen Verlauf des Empfangssignals der Laufzeitunterschied bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufzeit des Impulses an der Fläche ohne Schicht darauf gemessen und abgespeichert wird, daß die Laufzeit des Impulses, der bei einer Messung an der Fläche mit Schicht darauf an der Oberfläche der Schicht reflektiert wird, gemessen wird, und daß aus dieser und der abgespeicherten Laufzeit der Laufzeitunterschied ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Laufzeitunterschied zweimal mit unterschiedlichen Verfahren bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß elektromagnetische Strahlung im Infrarotbereich eingesetzt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Laufzeitunterschied zumindest zweimal mit unterschiedlicher Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung bestimmt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Temperaturnmessung durchgeführt und bei der Auswertung berücksichtigt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

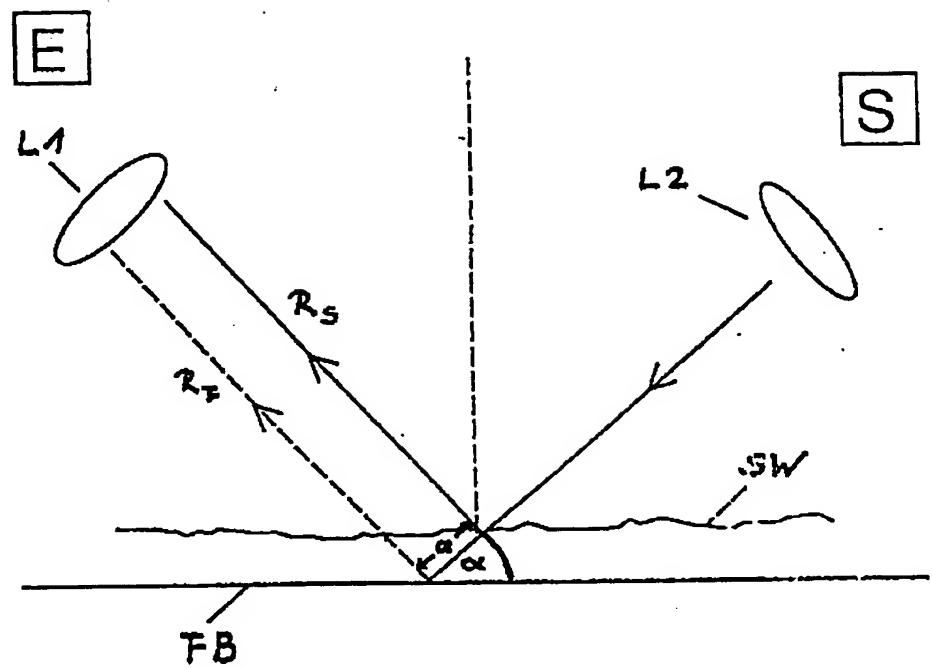


Fig. 1

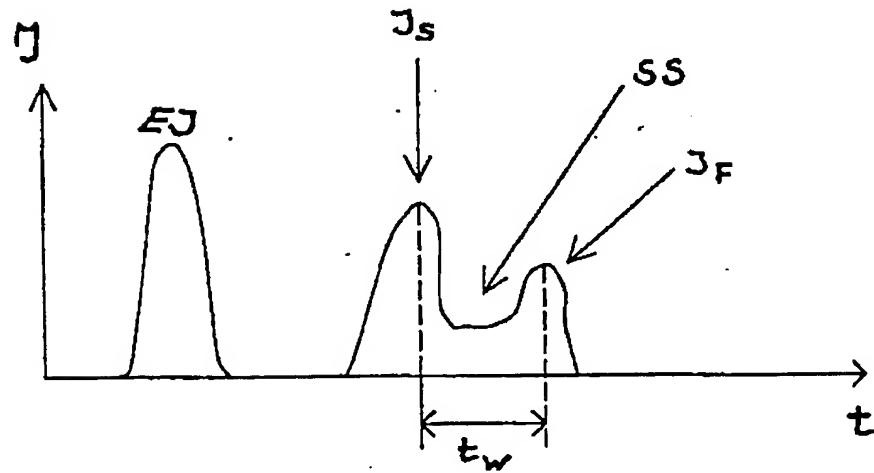


Fig. 2

## **CONCISE EXPLANATION OF RELEVANCE**

DE 2 102 986 Measures radiation passing through a book (in other words, not the reflected radiation) and compares this to radiation passing through another book used for reference purposes.

